

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "GR LUCERA"
CON POTENZA FOTOVOLTAICA DI 51,22 MWp
ACCUMULO ELETTROCHIMICO DI 14 MW**

REGIONE PUGLIA

PROVINCIA di FOGGIA

COMUNE di LUCERA

OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEI COMUNI DI LUCERA E TROIA

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:

Titolo:

R32h

**Studio di fattibilità ambientale
Studio meteo Climatico**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

QAF1CF7_StudioFattibilitàAmbientale_32h

Progettazione:

Committente:



Dott. Ing. Fabio CALCARELLA

Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

Dott.ssa Elisa Gatto

PhD in Biological and Environmental Sciences and
Technologies
Biologa ambientale
Albo Nazionale dei Biologi (n. AA090001)



GREENERGY RINNOVABILI 9 S.r.l.

Gruppo GREENERGY RENOVBLES SA
Via Borgonovo, 9 - 20121 - MILANO
grr9srl@gmail.com - grr9srl@legalmail.it
P. IVA 11892580967 - REA MI-22630177

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Settembre 2023	Prima emissione	EG	FC	GREENERGY s.r.l.



STUDIO METEO-CLIMATICO

Inquadramento meteo-climatico e
valutazione dei rischi climatici fisici
del comune di Lucera (FG)
ai sensi del Regolamento UE 241/2021

A cura di
Dott.ssa Elisa Gatto, PhD
Biologa





Sommario

Introduzione e nota metodologica.....	2
1. Inquadramento meteo-climatico	3
2. Analisi dei rischi climatici fisici.....	11
2.1. Proiezioni climatiche future	11
2.2. Livello di impatto potenziale.....	12
2.2.1. Alte temperature	13
2.2.2. Precipitazioni intense.....	15
2.2.3. Siccità.....	16
2.2.3.1. Indice di sfruttamento della risorsa idrica.....	18
2.2.4. Incendi.....	20



Introduzione e nota metodologica

Il presente elaborato tecnico ha come **obiettivo** lo **studio e caratterizzazione della condizione climatica e dei mutamenti prevedibili** della stessa in un'area di Lucera (Foggia, Italia) da destinare alla realizzazione di un impianto agrivoltaico. È altresì mirato alla definizione di un Indice di Rischio Climatico – *Climate Risk Index* che aumenti la resilienza dell'intervento e promuova il *climate proofing* degli investimenti auspicato dalla Commissione Europea nella Strategia Europea per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici¹.

Sebbene il seguente progetto agrivoltaico non acceda direttamente agli incentivi previsti dal Piano Nazionale per la Ripresa e Resilienza (PNRR), la realizzazione e la valutazione di tale opera sono profondamente influenzate dagli **orientamenti tecnici e normativi europei in materia di sostenibilità e resilienza**. In particolare, questo studio prende spunto dalla visione e dai criteri sanciti nel regolamento sul dispositivo per la ripresa e resilienza, in particolare sull'applicazione del principio di “*non arrecare un danno significativo*”². Questo impegno riflette la determinazione a garantire che l'opera in esame rispetti e promuova gli obiettivi climatici e ambientali stabiliti nell'articolo 17 del Regolamento (UE) 2020/852.

Inoltre, in riferimento al Regolamento UE 241/2021³, che sottolinea l'importanza di proteggere gli investimenti dai rischi legati ai cambiamenti climatici (come ***l'innalzamento dei mari, siccità, alluvioni, esondazioni dei fiumi, nevicate abnormi***), il seguente progetto si impegna a perseguire gli standard di resilienza e sostenibilità, al di là di specifiche fonti di finanziamento o incentivi.

Le infrastrutture energetiche, per altro, sono particolarmente esposte ai cambiamenti a lungo termine. Si è perciò ritenuto necessario considerare i cambiamenti climatici a partire dalle fasi iniziali del progetto, attraverso l'utilizzo di opportuni criteri di progettazione, l'adozione di misure tecnologiche specifiche e l'analisi di proiezioni climatiche future su scala appropriata.

Lo studio è strutturato nelle seguenti fasi di analisi (NB: il presente documento non riporta lo studio relativo all'analisi modellistica degli impatti dell'opera sul microclima al quale è dedicata una relazione distinta):

¹ EC (Commissione Europea), 2009. *Libro Bianco. L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo*.

² Regolamento (UE) 2020/852, detto “regolamento Tassonomia”, relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili, tramite la definizione di un sistema di classificazione (“tassonomia”) delle attività ecosostenibili.

³ Regolamento (UE) 2021/241 del Parlamento europeo e del Consiglio riguardo i piani di ripresa e resilienza che prevede che “Nessuna misura per l'attuazione delle riforme e dei progetti di investimento inclusi nel piano per la ripresa e la resilienza arreca un danno significativo agli obiettivi ambientali ai sensi dell'articolo 17 del regolamento (UE) 2020/852 (principio «non arrecare un danno significativo»)”



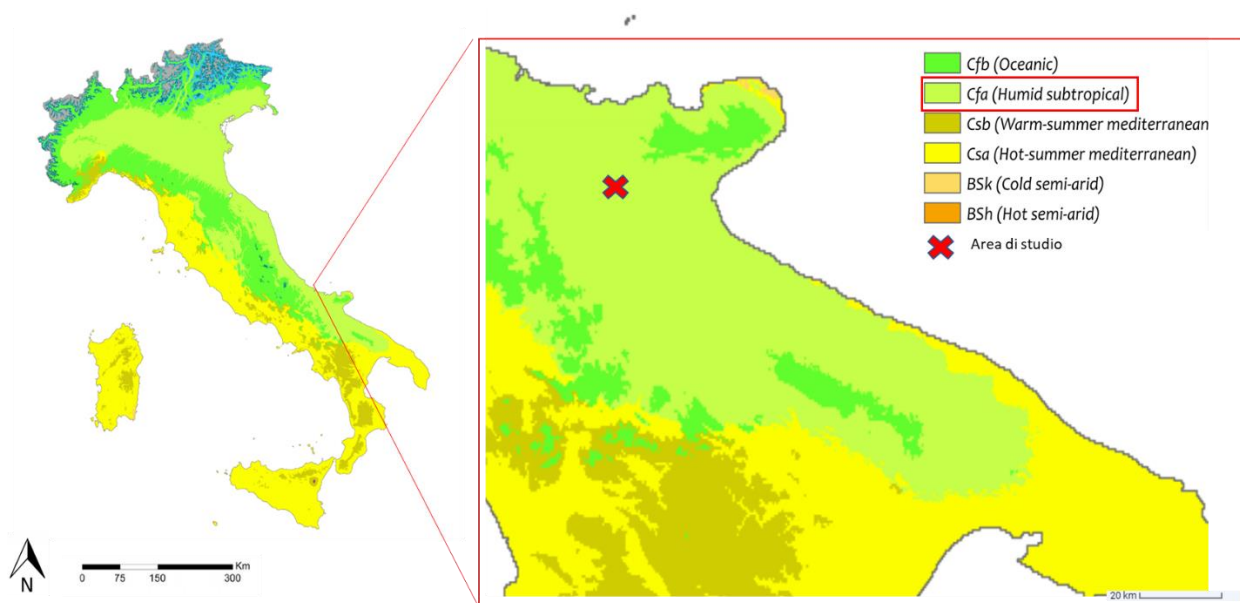
APPROACH

CLIMATE PROOFING



1. Inquadramento meteo-climatico

Secondo la classificazione di Köppen - Geiger⁴, l'areale in oggetto, sito nella frazione di Lucera (FG), è inquadrabile nella zona “Cfa” (**clima subtropicale umido** o **clima temperato caldo**), una zona climatica caratterizzata da inverni miti, estati calde e un regime di precipitazioni abbastanza uniforme lungo tutto l'anno (Figura 1).



⁴ Wladimir Köppen, 1936. *Das geographische System der Klimate*, in *Handbuch der Klimatologie*, vol. 1, Berlino, Borntraeger.



Figura 1. Carta della classificazione climatica di Köppen – Geiger del territorio italiano (sinistra) e dettaglio dell'areale di interesse (destra).

Per la descrizione meteorologica dell'area è stato utilizzato il dataset di rianalisi di quinta generazione ERA5⁵, prodotto utilizzando il sistema di assimilazione dei dati a variazione quadrimensionale e le previsioni dei modelli in CY41R2 dell'ECMWF, IFS (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Integrated Forecast System*). ERA5 permette un'analisi del clima locale e globale ad alta risoluzione spaziale e temporale e consente studi di maggior dettaglio e affidabilità. Le rianalisi forniscono una descrizione numerica del clima recente integrando opportunamente dati da modello e osservazioni.

La caratterizzazione climatica riportata in Tabella 1 considera l'intervallo di tempo 1990-2021 e, in particolare, le variabili di temperatura (°C), precipitazioni (mm), umidità relativa (%) e giorni di pioggia (gg). I dati relativi alle ore di sole sono stati invece raccolti nel periodo 1999-2019.

Dall'analisi del dataset emerge che l'area è caratterizzata da una temperatura media annuale di 15.2 °C e da una piovosità annuale di 594 mm.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	6,2	6,6	9,6	13,0	17,6	22,6	25,3	25,4	20,6	16,4	11,7	7,4
Temperatura minima (°C)	2,1	2,1	4,7	7,6	11,7	16,2	18,8	19	15,3	11,5	7,3	3,3
Temperatura massima (°C)	10,3	11	14,4	18,4	23,4	28,9	31,7	31,8	25,8	21,3	16	11,4
Precipitazioni (mm)	61	52	60	61	44	34	27	26	44	53	64	68
Umidità(%)	79	76	73	68	61	52	47	50	62	72	77	80
Giorni di pioggia (g.)	7	7	7	7	6	5	4	4	6	5	7	8
Ore di sole (ore)	5,3	6,0	7,6	9,4	11,2	12,5	12,6	11,6	9,4	7,2	6,1	5,3

Tabella 1. Medie mensili per i parametri meteorologici considerati. L'intensità del colore è direttamente proporzionale all'intensità del valore misurato. I dati sono stati estrapolati dal dataset ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) 1990-2021.

La temperatura media del mese di Agosto, il mese più caldo dell'anno, è di 25.4 °C. Durante l'anno, Gennaio ha una temperatura media di 6,2 °C, la temperatura media più bassa di tutto l'anno.

⁵ <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation>



Il mese più secco è Agosto con una media di 26 mm di pioggia e un'umidità relativa del 50 %, mentre i mesi con maggiori piogge sono Novembre con una media di 64 mm e un'umidità relativa del 68 mm. La differenza tra le precipitazioni del mese più secco e quelle del mese più piovoso è 42 mm.

In Figura 2 il grafico di Walter Leith evidenzia il periodo con disponibilità idrica e il periodo arido. Questo grafico è utile per valutare la **variabilità stagionale delle precipitazioni** e le **variazioni di temperatura** che possono influenzare il regime idrico della regione.

Nello specifico il grafico rappresenta le precipitazioni mensili e le temperature medie mensili, utilizzando un doppio asse delle ordinate. L'asse y sinistro rappresenta la quantità di precipitazione, mentre l'asse y destro rappresenta la temperatura media. L'asse x rappresenta i mesi dell'anno.

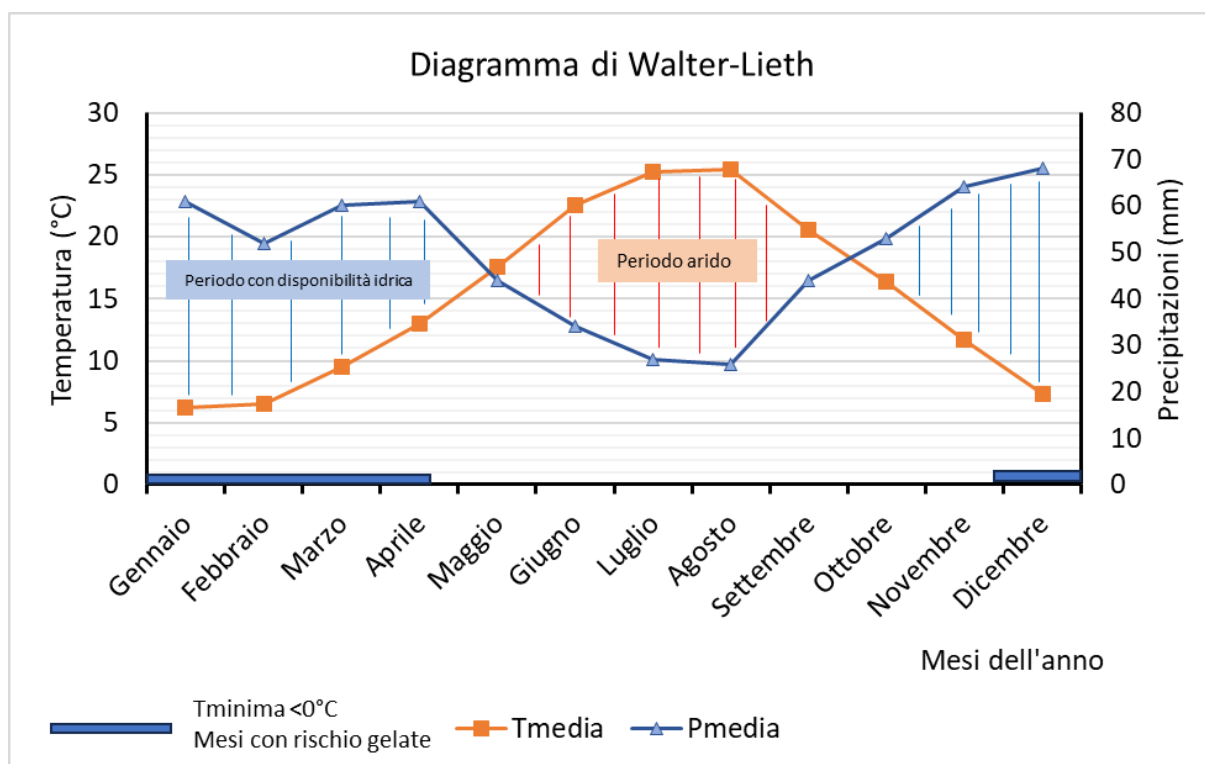


Figura 3. Grafico di Walter Leith che evidenzia il periodo con disponibilità idrica, il periodo arido e i mesi con rischio gelate. Il dataset considerato è riportato in Tabella 1 (periodo 1990-2021). Tmedia: Temperatura media (°C), Pmedia: valore delle precipitazioni medie (mm).

Dal grafico si evince che il periodo con **disponibilità idrica** va da **Ottobre ad Aprile**. Questi mesi rappresentano la stagione piovosa nella regione. Il periodo da **Maggio a Settembre** è invece **prettamente arido**. Questi mesi rappresentano la stagione secca in cui la **disponibilità di precipitazioni è bassa**. Nel grafico è altresì possibile osservare i mesi con **rischio gelate** caratterizzati da giorni in cui la temperatura scende al di sotto degli 0 °C. In particolare, **Febbraio** è caratterizzato da **notte fredde** con temperatura fino a **-3 °C**.



È importante notare che **l'effetto mitigante del mare Adriatico** e la **posizione geografica** di Lucera all'interno dell'entroterra influenzano il clima della regione. Questo può comportare una certa **variabilità** nelle condizioni meteorologiche, anche a breve termine, a causa delle interazioni complesse tra masse d'aria di origine marittima e continentale.

Nello specifico, Lucera è situata su un altopiano nell'entroterra della Puglia, a una altitudine di circa 227 metri sul livello del mare. L'altopiano agisce come una barriera fisica che può influenzare i flussi di aria e la formazione di nuvole e precipitazioni. Studi climatologici basati su dati raccolti da stazioni meteorologiche locali forniscono informazioni dettagliate sull'effetto dell'orografia sulla distribuzione delle precipitazioni e sulle variazioni di temperatura. Ad esempio, l'altopiano di Lucera può causare una **maggiore stabilità atmosferica**, riducendo la probabilità di precipitazioni rispetto alle aree costiere. Ciò può portare a estati più secche e a una **maggiore variabilità termica** tra il giorno e la notte.

L'Adriatico agisce come una fonte di umidità che può influenzare le condizioni atmosferiche locali. Le correnti marine provenienti dal mare possono apportare un contributo di umidità e moderare le temperature sia durante l'inverno che durante l'estate.

Le ore di sole vanno da un minimo di 5,3, nei mesi invernali di Dicembre e Gennaio, a un massimo di 13 nei mesi di Giugno e Luglio. Lucera gode di **un'abbondante quantità di luce solare** durante tutto l'anno, con una media di oltre 2.500 ore di sole annue. Ciò contribuisce alla **vitalità della vegetazione locale e alla produttività agricola** della regione circostante. In termini di irraggiamento, le aree designate per la realizzazione dell'opera godono di **un'ottima insolazione**, come, peraltro, gran parte della Regione (Figura 3), dove la maggior parte dei territori beneficiano di un irraggiamento solare annuo cumulato con valori superiori ai **2000 kWh/m²** (*Joint Research Center, 2019*⁶).

⁶ *Joint Research Centre (2019). https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html#/.*

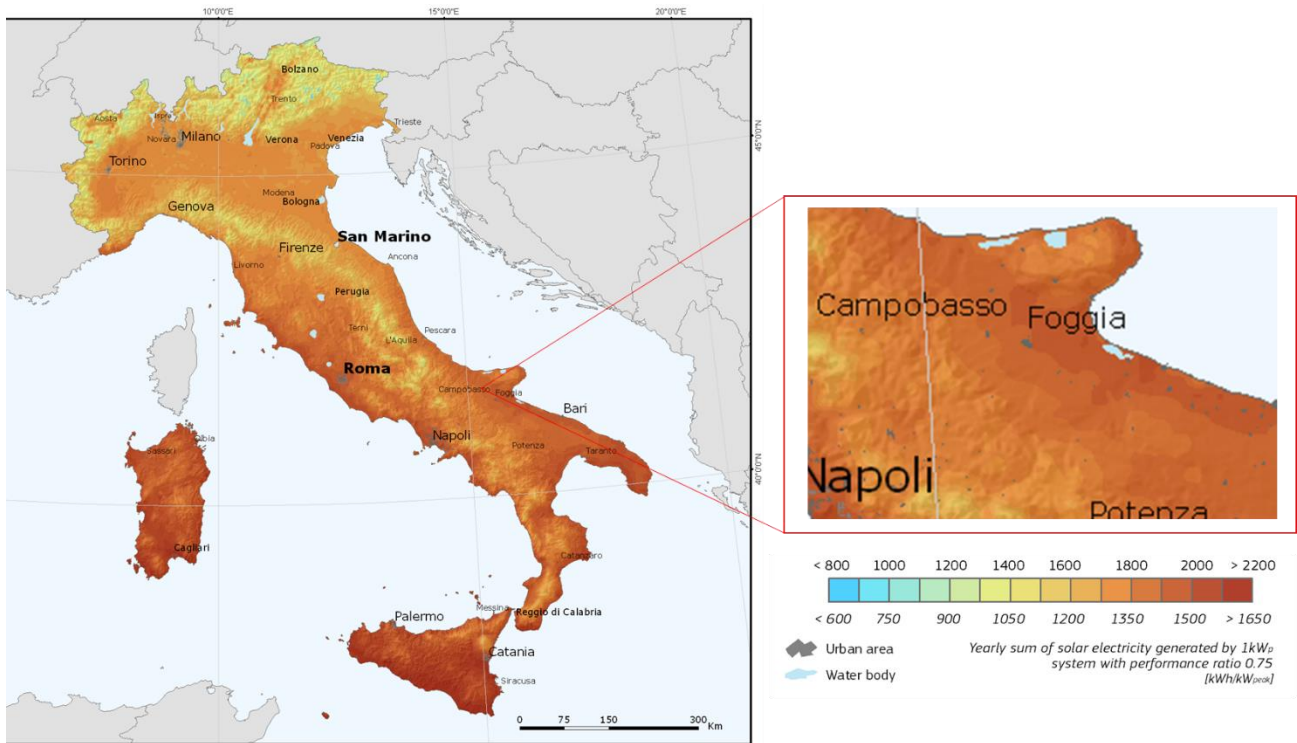


Figura 3. Somma della radiazione globale annua con inclinazione ottimale dei pannelli (European Commission, PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM).

Perciò, sotto quest'aspetto, l'area risulta potenzialmente adatta alla realizzazione di un impianto fotovoltaico.

Il riferimento principale per definire il **regime anemologico** dell'area in esame è rappresentato dalla rosa dei venti riprodotta in Figura 4, calcolata considerando il dataset di dati dal 2008 al 2021 e i dati del vento estratti a 10m.

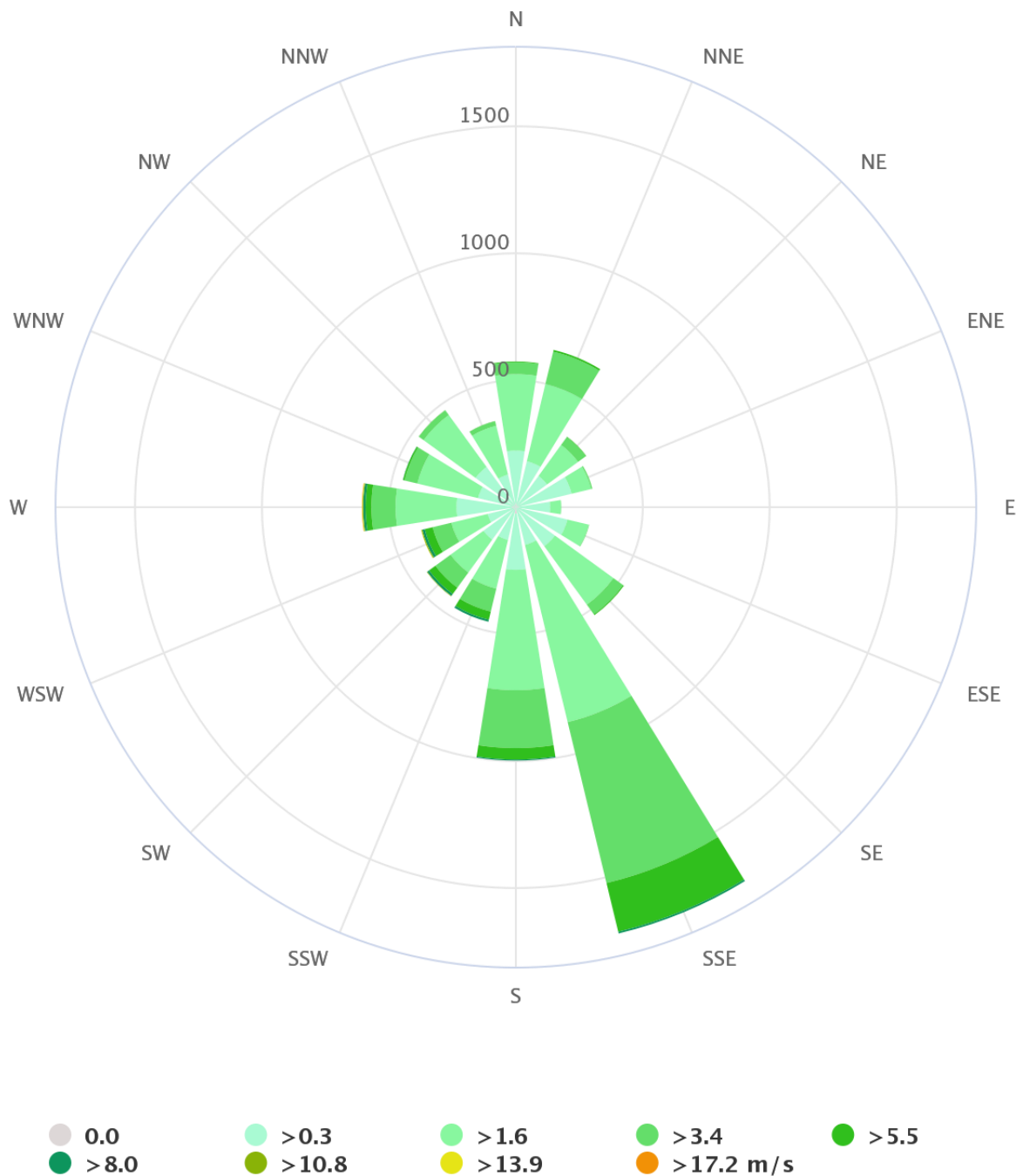


Figura 4. Rosa dei venti calcolata in base ai dati degli anni 2008-2021 (ERA5, ECMWF)

La forma della rosa dei venti evidenzia una prevalenza delle direzioni Sud-Sud Est, comportamento caratteristico e tipico dell'hotspot climatico mediterraneo. Come si può notare, le maggiori frequenze sono associate a venti di 1.5 - 3 m/s.

2. Analisi trend climatici



I diagrammi riportati nella presente sezione descrivono i trend climatici negli ultimi 40 anni e forniscono una prova analitica del cambiamento climatico già in atto nell'area di interesse. La fonte di dati utilizzata è il dataset di rianalisi di quinta generazione ERA5⁷. L'intervallo di tempo analizzato va dal 1979 al 2021 con una risoluzione spaziale di 30 km.

I grafici riportati in Figura 5 e 6 mostrano una stima della temperatura media e delle precipitazioni totali medie annuali per Lucera e dintorni. La linea blu tratteggiata mostra la tendenza lineare del cambiamento climatico. Nella parte inferiore del grafico sono riportate le cosiddette strisce di anomalia. Ogni striscia colorata rappresenta la temperatura media di un anno: blu per gli anni più freddi e rosso per quelli più caldi.

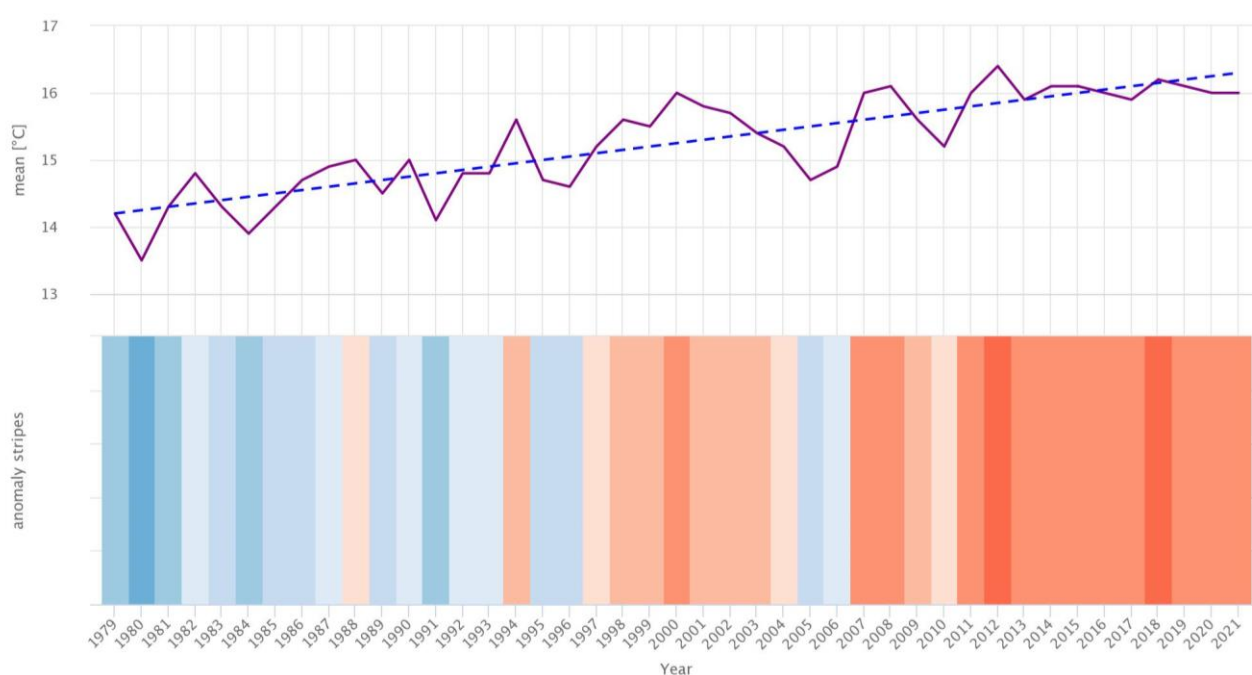


Figura 5. Stima della temperatura media annuale per Lucera e dintorni dal 1979 al 2021 (ERA5, ECMWF). La linea blu tratteggiata mostra la tendenza lineare del cambiamento climatico. In basso le strisce anomalia che rappresentano la temperatura media di un anno: blu per gli anni più freddi e rosso per quelli più caldi.

La linea di tendenza sale da sinistra a destra e ciò indica una variazione della temperatura positiva e che quindi l'area sta diventando più calda a causa del cambiamento climatico.

In particolare, si osserva che dal 2007 ad oggi la tendenza di temperatura è sempre stata positiva con un'anomalia massima negli ultimi 40 anni di 1.4 °C nel 2012. Nell'ultimo anno riportato (2021) l'anomalia registrata è stata di 1 °C.

⁷ <https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation>



Il grafico in Figura 6 mostra che la linea di tendenza delle precipitazioni sale da sinistra a destra e ciò indica che **la variazione delle precipitazioni è positiva e l'area sta diventando più piovosa a causa del cambiamento climatico.**

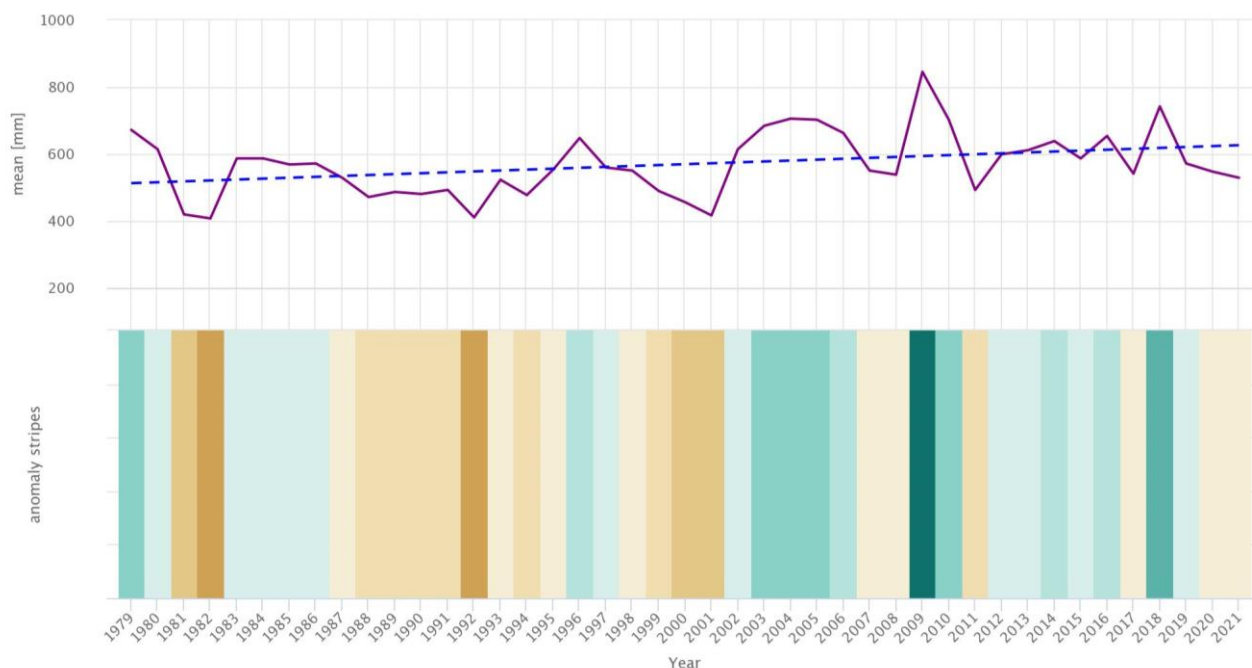


Figura 6. Stima delle precipitazioni totali medie annuali per Lucera e dintorni dal 1979 al 2021 (ERA5, ECMWF). La linea blu tratteggiata mostra la tendenza lineare del cambiamento climatico. In basso le strisce anomalia che rappresentano la precipitazione totale di un anno: verde per gli anni più umidi e marrone per quelli più secchi.

Il grafico evidenzia una **storia climatica caratterizzata da anni particolarmente secchi e aridi**. L'ultima anomalia massima negativa è stata registrata nel 2001 ed è stata di **-133 mm** annui. Successivamente la tendenza diventa positiva con un'**anomalia massima nel 2009 di 283 mm/anno**. Negli ultimi 2 anni (2020-2021) la **tendenza è tornata negativa con un'anomalia massima registrata di -18 mm nell'anno 2021**.

La linea di tendenza positiva non esclude il rischio siccità dell'area, che verrà analizzato in seguito, poiché la media dei mm di pioggia annuali potrebbero oscillare in base ad eventi di piovosità estremi.



2. Analisi dei rischi climatici fisici

Partendo dalle condizioni climatiche attuali dell'area, questa sezione riporta le **proiezioni climatiche valutate per identificare i rischi climatici fisici**; gli impatti sono stati valutati sulla base delle migliori pratiche e degli orientamenti disponibili e tenendo conto delle più attuali conoscenze scientifiche per l'analisi della vulnerabilità e del rischio e delle relative metodologie adottate dal Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico⁸.

2.1. Proiezioni climatiche future

La valutazione dei rischi fisici dell'area è effettuata utilizzando proiezioni climatiche avanzate alla massima risoluzione disponibile nella serie esistente di scenari futuri coerenti con la durata prevista dell'attività. In particolare, sono stati considerati gli scenari RCP 4.5 e RCP 8.5. Gli scenari RCP⁹ (*Representative Concentration Pathways*) sono traiettorie standardizzate delle concentrazioni atmosferiche di gas serra progettate per rappresentare diverse strategie di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico. Ogni RCP è identificato da una forzante radiativa finale specifica, misurata in Watt per metro quadro (W/m^2) alla fine del 21° secolo.

RCP 4.5 implica una forzante radiativa di $4.5 W/m^2$ e presuppone l'adozione di politiche che portino ad una stabilizzazione delle emissioni in modo da non superare tale valore entro il 2100. Questo scenario anticipa una concentrazione atmosferica di circa 650 ppm di CO₂-equivalente entro la fine del secolo.

RCP 8.5 rappresenta un percorso in cui le emissioni continuano a crescere senza particolari interventi di mitigazione, culminando in una forzante radiativa di $8.5 W/m^2$ e una concentrazione di gas serra che raggiunge circa 1370 ppm di CO₂-equivalente entro il 2100.

La comunità scientifica internazionale¹⁰ ha selezionato questi e altri RCP per rappresentare l'evoluzione delle concentrazioni future di gas ad effetto serra del nostro pianeta. Gli scenari selezionati, RCP 4.5 e RCP 8.5, sono tra i più comunemente utilizzati in quanto rappresentano rispettivamente livelli di emissioni intermedi e alti cui corrispondono incrementi di temperatura medi globali a fine secolo al di sotto dei 2 °C e dei 4 °C rispettivamente.

⁸ *Relazioni di valutazione sui cambiamenti climatici relative a impatti, adattamento e vulnerabilità, pubblicati periodicamente dal Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPCC), l'organismo delle Nazioni Unite per la valutazione delle informazioni scientifiche prodotte relativamente al cambiamento climatico, <https://www.ipcc.ch/reports/>.*

⁹ Meinshausen M, Smith SJ, Calvin K, et al (2011) *The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. Clim Change* 109:213-241

¹⁰ IPCC, 2013. *Summary for Policymakers. In: Stocker TF, D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom) and New York (NY, USA), pp 1-30*



In Tabella 2 si riportano le **anomalie dei principali indicatori climatici per lo scenario RCP 4.5 e RCP 8.5**. Come è possibile osservare, la **temperatura tende ad aumentare in entrambi gli scenari**, con i giorni di gelo (Temperatura media Tmean <0 °C) che diminuiscono nell'anno e i giorni estivi (Temperatura max Tmax >29.2 °C) che aumentano. **La tendenza delle precipitazioni è invece negativa nello scenario RCP 4.5**, con una diminuzione annua dei mm di pioggia, **ma è positiva nello scenario RCP 8.5**.








RCP 4.5						
						
Temperatura media annua Tmean (°C)	Precipitazioni intense (n. giorni/anno con precipitazioni >20mm)	Giorni con gelo (n. giorni/anno con Tmean <0°C)	Giorni estivi (n. giorni/anno con Tmax > 29.2°C)	Cumulata delle precipitazioni invernali mm (%)	Cumulata delle precipitazioni estive mm (%)	Evaporazione Evaporazione cumulata annuale (%)
1,2	0	-6	12	-5	-18	-3
RCP 8.5						
1,5	0	-10	14	-4	14	-8

Tabella 2. Anomalie principali di alcuni indicatori climatici analizzate attraverso il modello climatico COSMO-CLM¹¹ forzato dal modello climatico CMCC-CM a 80 km di risoluzione (Scoccimarro et al., 2011¹²) guidato dagli scenari RCP 4.5 e RCP 8.5.

2.2. Livello di impatto potenziale

Gli *stressor* climatici più rilevanti per l'area sono le ondate di calore e l'intensificarsi degli eventi di precipitazione estremi, che si accompagnano ad una generalizzata riduzione delle precipitazioni nel periodo estivo. Potenziali impatti climatici di particolare rilievo saranno quelli sulla salute, derivanti dalle patologie legate all'aumento delle temperature, incluse le ondate di calore. Inoltre, l'aumento della temperatura porterà ad un incremento dell'aridificazione (perdita umidità dei suoli) nelle aree agricole, forestali e pastorali e ad un aumento del rischio di incendi soprattutto in zone forestali non gestite e in aree abbandonate. L'aumento degli episodi di siccità porterà ad una riduzione della disponibilità idrica.

Per approfondire gli *stressor* climatici che porteranno ad un aumento del rischio nell'area indagata sono stati utilizzati i seguenti strumenti: *ThinkHazard!*¹³, un modello web-based sviluppato dal *Global*

¹¹ Modello COSMO-CLM (Rockel B, Will A, Hense A (2008) *The Regional Climate Model COSMO-CLM (CCLM)*. *Meteorol Zeitschrift* 17:347-348) alla risoluzione di circa 8 km nella configurazione ottimizzata dalla Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (Bucchignani E, Montesarchio M, Zollo AL, Mercogliano P (2016) *High-resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: performance evaluation and climate projections for the 21st century*. *Int J Climatol* 36:735-756).

¹² Scoccimarro E, Gualdi S, Bellucci A, et al (2011) *Effects of Tropical Cyclones on Ocean Heat Transport in a High-Resolution Coupled General Circulation Model*. *J Clim* 24:4368-4384

¹³ GNU General Public Licence, Version 3, 29 June 2007



Facility for Disaster Reduction and Recovery e la piattaforma *Climate-ADAPT*¹⁴ sviluppata dalla Commissione Europea e dall’Agenzia Europea dell’Ambiente.

La Tabella 3 riporta una panoramica degli *stressor* climatici approfonditi, dei livelli di pericolo associati, delle minacce e del livello di rischio che ne consegue. Il livello di rischio è strettamente legato al pericolo e alle minacce.

STRESSOR CLIMATICI	LIVELLO DI PERICOLO	MINACCE	LIVELLO DI RISCHIO
ALTE TEMPERATURE	Moderato/Alto	Desertificazione Ecosistemi Salute Umana Risorse idriche Foreste	MODERATO
PRECIPITAZIONI INTENSE	Basso		
SICCITA'	Basso-Moderato		
STRESS IDRICO	Alto		
INCENDI	Alto		

Tabella 3. Rischi climatici fisici e livelli di pericolo riferiti a proiezioni future nell’area di studio.

2.2.1. Alte temperature

Le alte temperature sono probabilmente il pericolo climatico più urgente per le città in termini di rischi per la vita umana. Il calore influisce sul benessere e può essere letale per gli anziani e le persone in gravi condizioni di salute, in particolare quando si verificano lunghi periodi di giorni caldi e notti calde (ondate di calore)¹⁵. Secondo il sesto rapporto di valutazione del gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici¹⁶ le continue emissioni di gas serra causeranno un ulteriore riscaldamento, ed è praticamente certo che nei prossimi cinquant'anni ci saranno più frequenti estremi di temperatura calda sulla maggior parte delle aree terrestri. Il riscaldamento non sarà uniforme a livello regionale.

Nell’area interessata dal progetto, l’aumento della temperatura nei prossimi cinquant'anni sarà leggermente superiore alla media mondiale. Sarebbe perciò prudente dotare i progetti in quest’area di misure di mitigazione e adattamento al riscaldamento globale.

¹⁴ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>

¹⁵ EEA Report No 1/2017 *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*

¹⁶ IPCC, 2021: *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press



Il pericolo di calore estremo nell'area di studio è classificato come moderato in base alle informazioni sul calore attualmente disponibili nel modello *ThinkHazard!* e questo significa che c'è più del 25% di possibilità che almeno un periodo di esposizione prolungata al calore estremo, con conseguente stress da calore, si verifichi nei prossimi cinque anni.

Il modello *ThinkHazard!*, nella stima di tale rischio climatico, calcola l'indice *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT, in °C) e più precisamente il massimo giornaliero WBGT. Tale indice è una misura dello stress termico alla luce diretta del sole e tiene conto di: temperatura, umidità, velocità del vento, angolo del sole e copertura nuvolosa (radiazione solare). Ha un'ovvia rilevanza per la salute umana ed è rilevante in tutti i tipi di progetti e settori, compresi quelli relativi alle infrastrutture. Gli studi sullo stress da calore nella letteratura scientifica che fanno uso del WBGT applicano soglie di 28°C e 32°C per classificare il rischio di stress da calore. Le soglie di intensità del danno sono applicate seguendo questa definizione: stress da calore lieve/basso (<28°C), moderato/alto (28-32°C) e grave/molto alto (>32°C).

In Figura 7 è riportata la proiezione su 20 anni della distribuzione dell'indice WBGT in una sezione della Puglia vicina all'area di interesse. Il **valore di WBGT** nella zona di interesse è di **28.8**: **stress da calore moderato/alto**.

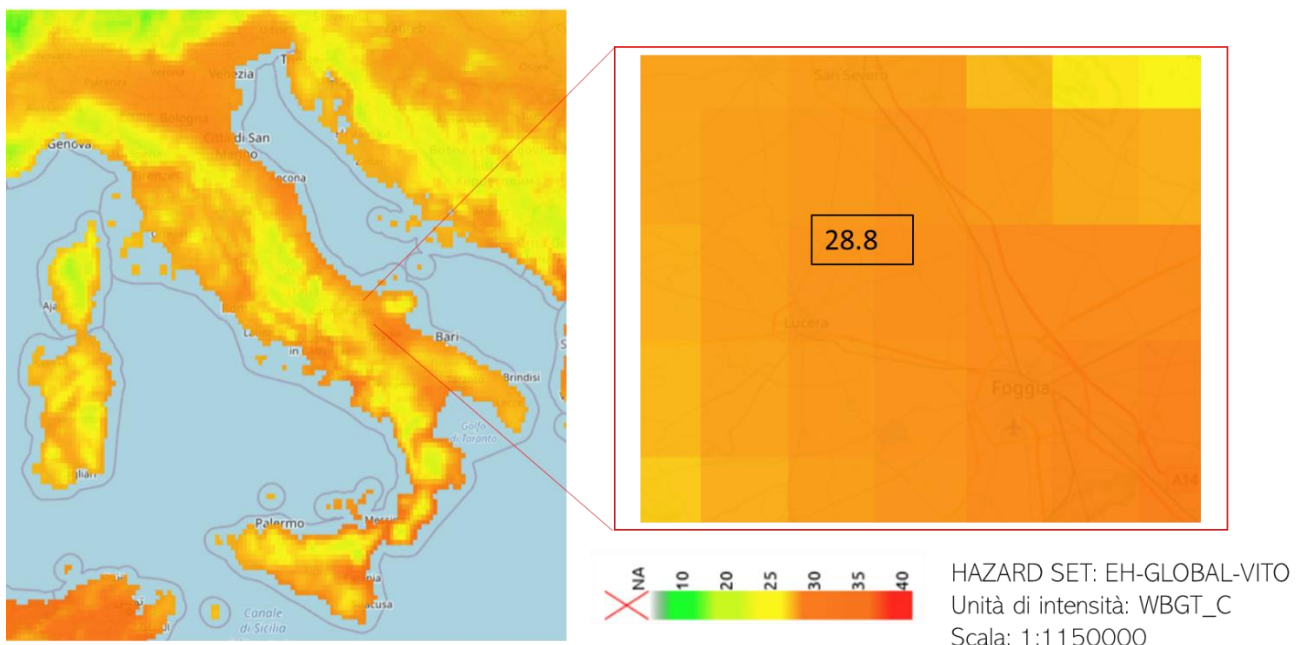


Figura 7. Distribuzione spaziale dell'indice WBGT in una proiezione futura di 20 anni secondo la stima del modello *ThinkHazard!*.



2.2.2. Precipitazioni intense

I cambiamenti previsti nelle precipitazioni intense (espressi in percentuale) in inverno (dicembre, gennaio, febbraio) sono stati calcolati a partire dai dati EURO-CORDEX: "*Climate change projections for Europe based on an ensemble of regional climate model simulations provided by the EURO-CORDEX initiative*" per lo scenario RCP8.5. Le simulazioni del modello climatico regionale CORDEX per il dominio europeo (EURO-CORDEX) sono condotte a due diverse risoluzioni spaziali, la risoluzione generale CORDEX di 0,4 gradi (EUR-44, ~50 km) e in aggiunta la risoluzione più fine di 0.11 gradi (EUR-11, ~12,5 km), quest'ultima utilizzata in questo set di dati¹⁷.

In Figura 8 è riportata la previsione dei cambiamenti nelle precipitazioni intense (in %) in inverno dal 1971-2000 al 2071-2100 per lo scenario RCP 8.5 basato sulla media dei risultati di diversi modelli climatici regionali annidati in diversi modelli di circolazione generale.

Per l'area di riferimento il **livello di pericolo è basso con un aumento previsto delle precipitazioni intense invernali del 6%**.

¹⁷ <https://www.euro-cordex.net/060378/index.php.en>.

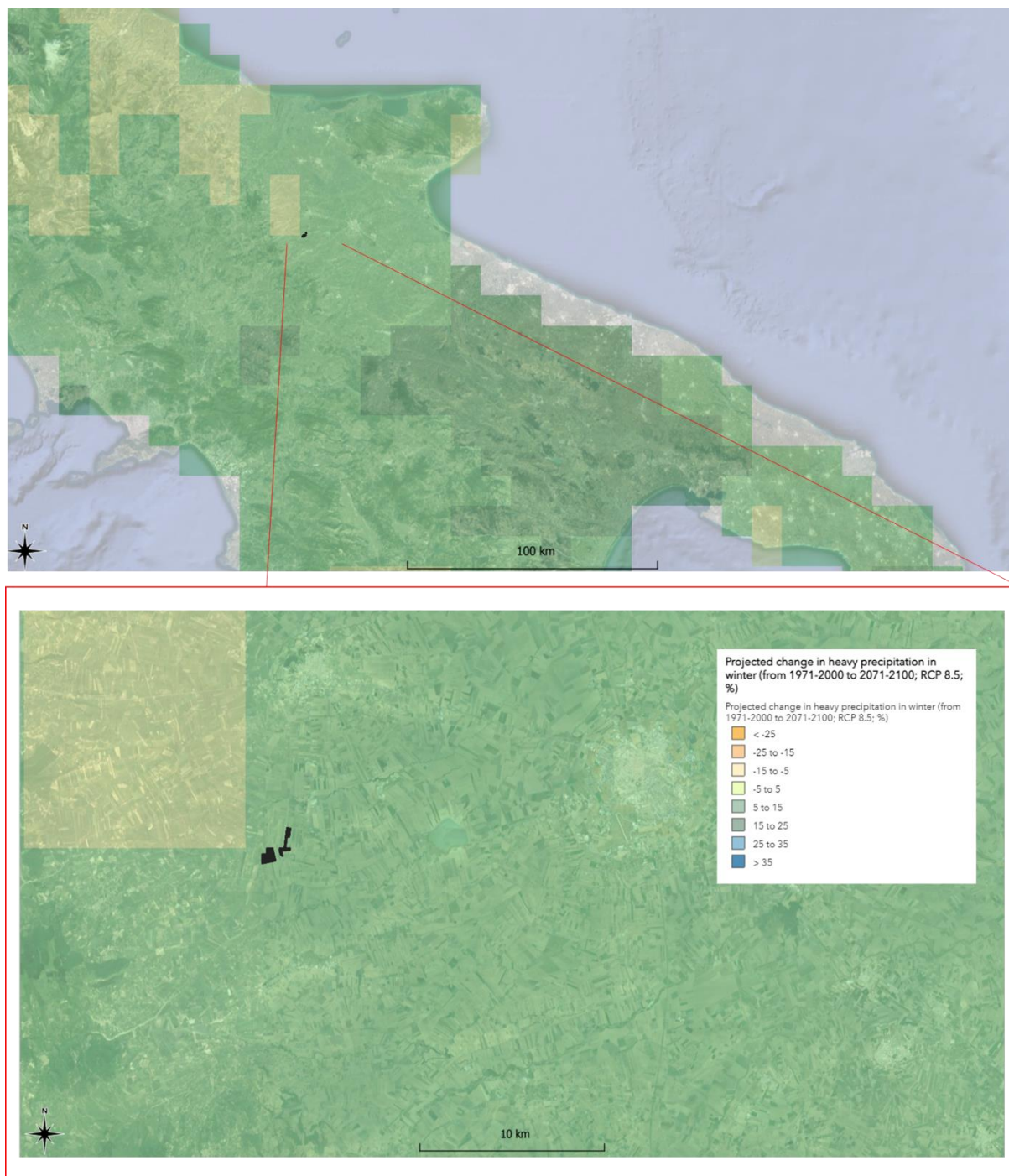


Figura 8. Previsione dei cambiamenti nelle precipitazioni intense (in %) in inverno dal 1971-2000 al 2071-2100 per lo scenario RCP 8.5 (EURO-CORDEX). L'area di studio è indicata in nero.

2.2.3. Siccità

Nell'area d'interesse il **livello di pericolo di siccità** è classificato, secondo i modelli regionali europei, come **moderato**. Ciò significa che c'è fino al 20% di possibilità che si verifichino condizioni di siccità nei prossimi 10 anni.



La Figura 9 riporta la previsione della frequenza di eventi siccitosi in 30 anni per lo scenario RCP 8.5, ottenuta con il set di dati delle simulazioni dei modelli climatici regionali fornite da EURO-CORDEX.

La siccità meteorologica si basa sull'indice di precipitazione standardizzato per tre mesi (SPI-3). Le tendenze passate si basano sui dati di precipitazione del dataset grigliato E-OBS¹⁸ mentre le proiezioni si basano su un insieme di modelli del progetto EURO-CORDEX per due scenari di emissioni RCP.

Le tendenze della siccità idrologica sono calcolate in base al deflusso durante il mese più secco nel dataset E-RUN¹⁹ che impiega un modello statistico per stimare il deflusso in tutta Europa, basato sul più grande database di osservazioni di flusso e sul dataset E-OBS. Le proiezioni sulla siccità idrologica si basano sul deficit idrico fluviale a 10 anni, calcolato dal modello idrologico LISFLOOD²⁰ forzato da un insieme di modelli del progetto EURO-CORDEX.

Nell'area oggetto di studio la frequenza probabile di eventi siccitosi nei prossimi 30 anni è compresa tra 7 - 11 eventi.

¹⁸ <https://www.ecad.eu/download/ensembles/download-charme.php>

¹⁹ https://store.pangaea.de/Publications/Gudmundsson-Seneviratne_2016/e-run_v1.1.nc

²⁰ *Natural Hazards Project of the Joint Research Centre of the European Commission*

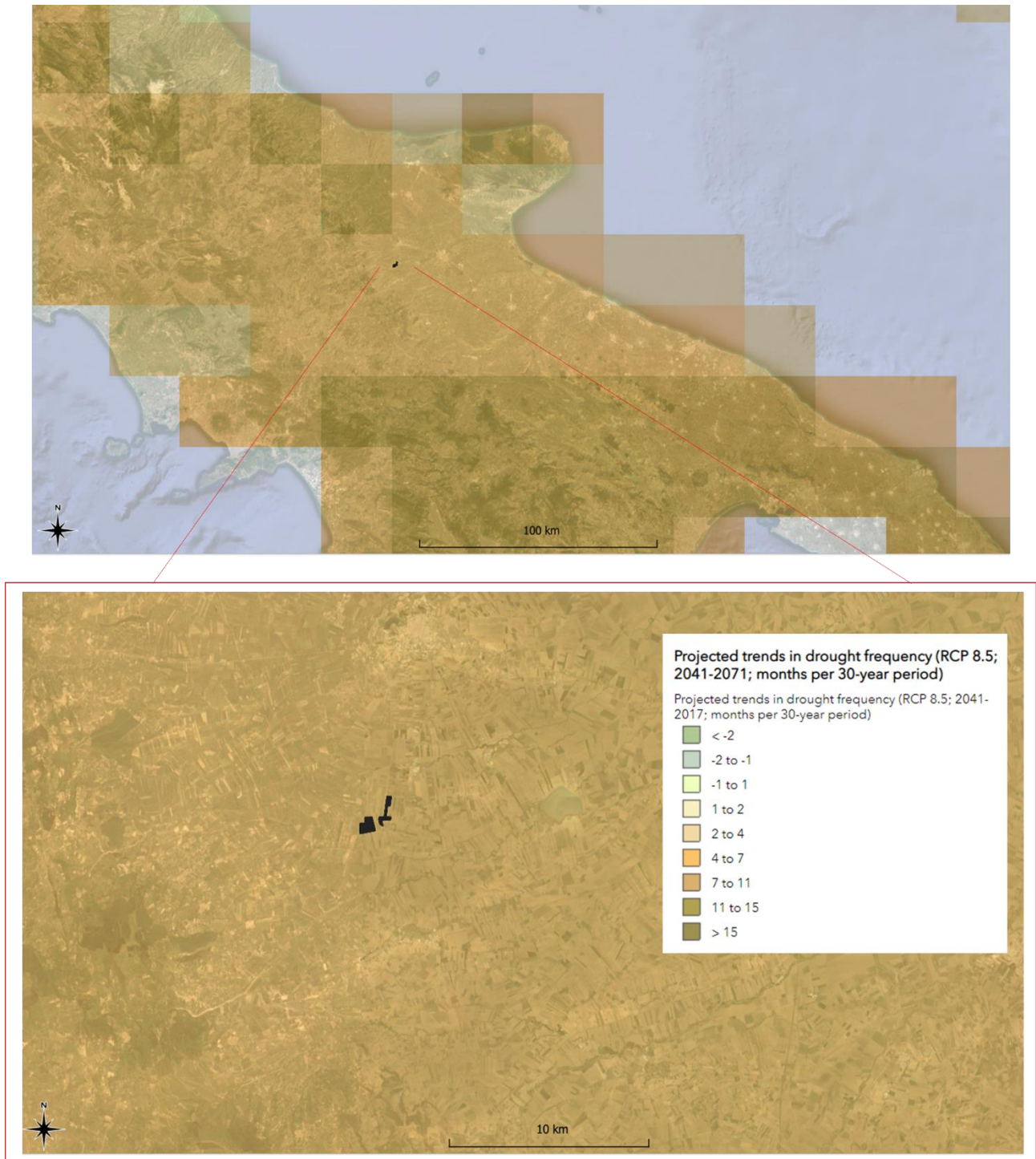


Figura 9. Previsione della frequenza di eventi siccitosi in 30 anni per lo scenario RCP 8.5 (*Climate-ADAPT*). L'area di studio è indicata in rosso.

2.2.3.1. Indice di sfruttamento della risorsa idrica

Strettamente legato allo stress da siccità è l'indice di sfruttamento della risorsa idrica (*Water Exploitation Index plus, WEI+*) che è uno strumento utilizzato per valutare la pressione sulle risorse



idriche in una determinata area geografica. Esso considera sia il consumo umano che quello agricolo, oltre ad altri usi dell'acqua.

Nello specifico, il WEI+ calcola la somma di tutte le prelevazioni d'acqua da fonti superficiali e sotterranee (per uso domestico, industriale, agricolo, ecc.) e la confronta con la disponibilità idrica rinnovabile totale nella stessa area. Questo indice, espresso in percentuale, fornisce una misura di quanto la domanda di acqua si avvicini o superi la quantità di acqua disponibile.

I valori superiori al 20% indicano che le risorse idriche sono sotto stress, mentre quelli superiori al 40% indicano uno stress grave e un uso chiaramente insostenibile delle risorse di acqua dolce²¹. Il WEI+ è stato stimato come media trimestrale per distretto idrografico, per gli anni 1990-2015, come definito nell'*European catchments and rivers network system* (ECRINS).

L'indice di sfruttamento della risorsa idrica è pari al 42.4% per l'area di riferimento (Figura 10). Ciò indica un sovrasfruttamento della risorsa e che la popolazione è esposta a condizioni di stress idrico.

²¹ Raskin, P., Gleick, P.H., Kirshen, P., Pontius, R. G. Jr and Strzepek, K. ,1997. Indicator codes: CSI 018, WAT 001 Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. Stockholm Environmental Institute, Sweden. Document prepared for UN Commission for Sustainable Development 5th Session 1997 - Water stress categories are described on page 27-29.

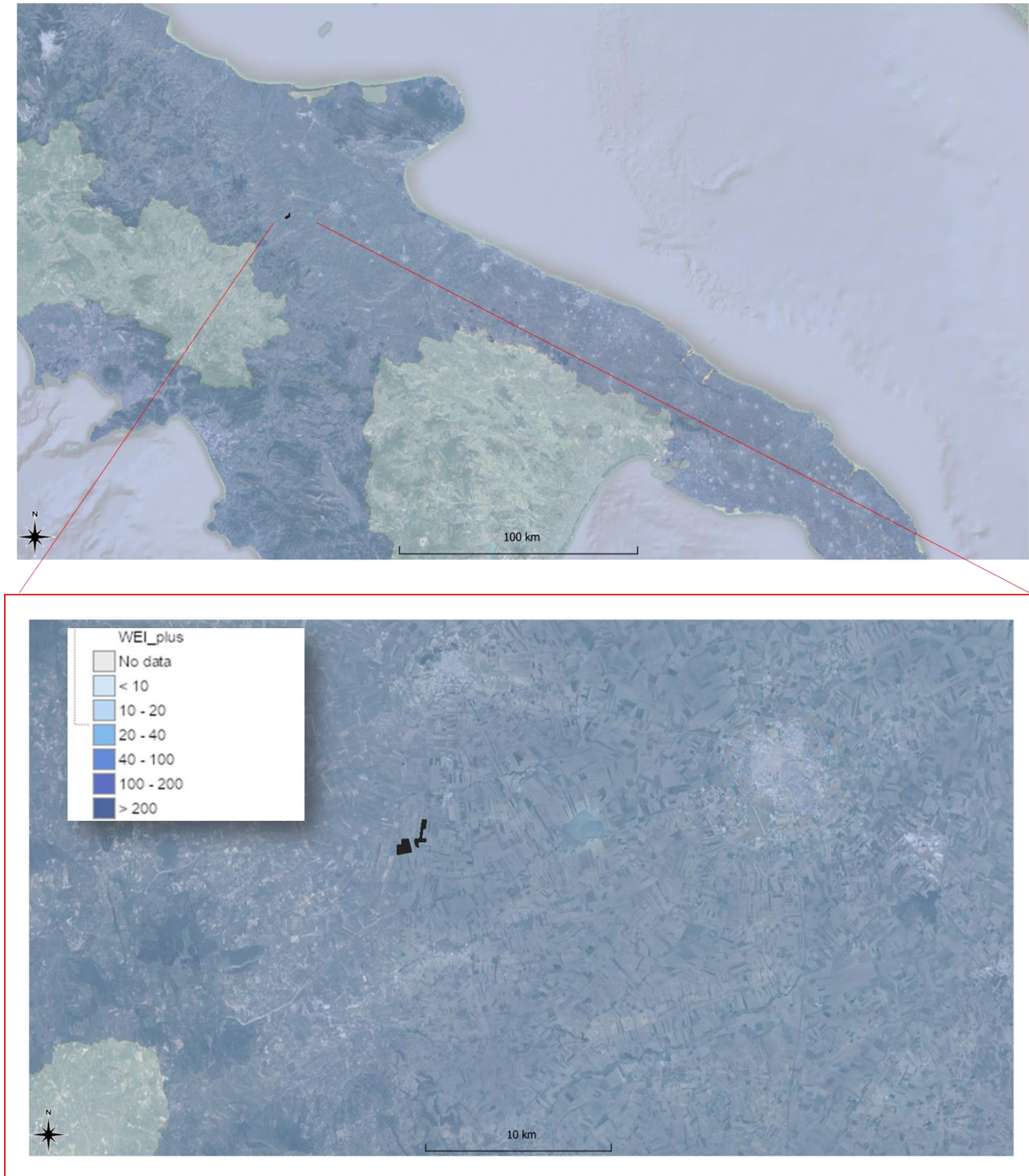


Figura 10. Indice di sfruttamento della risorsa idrica (WEI+). Fonte: *European Environment Agency (EEA)*²²

2.2.4. Incendi

Il rischio di incendi ai margini di molte città europee sta crescendo a causa del verificarsi più frequente di ondate di calore e siccità. Il più alto rischio di incendi si verifica nei paesi dell'Europa meridionale, in

²² *European Environment Agency (EEA), Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), Eurostat, JRC.*



particolare in Portogallo, Spagna, Francia meridionale, Italia meridionale e Grecia, dove nel 2018 quasi 100 persone hanno perso la vita in incendi nella zona costiera dell'Attica²³.

Il rischio incendi viene calcolato nel modello *ThinkHazard!* attraverso l'indice *Canadian Fire Weather Index* (FWI) che è il sistema di classificazione del pericolo di incendio più usato a livello mondiale. Il FWI integra diversi fattori meteorologici che influenzano la probabilità che un incendio di una copertura vegetativa si accenda e si diffonda. L'indice si basa su misurazioni istantanee (o previsioni) di temperatura, umidità relativa e velocità del vento. Inoltre, lo storico delle precipitazioni a lungo termine viene usato per valutare la secchezza del materiale combustibile disponibile e dunque per valutare il livello di diffusione del fuoco.

In *ThinkHazard!* le soglie di intensità dannose sono: alta: FWI >30; media: 30 <FWI< 20; bassa: FWI< 20.

Nell'area di interesse il pericolo di incendi è classificato come **alto** secondo le informazioni attualmente disponibili e valutando i prossimi 10 anni, con un indice **FWI** di circa **135**. Questo significa che c'è più del 50% di possibilità che si sviluppi un incendio significativo.

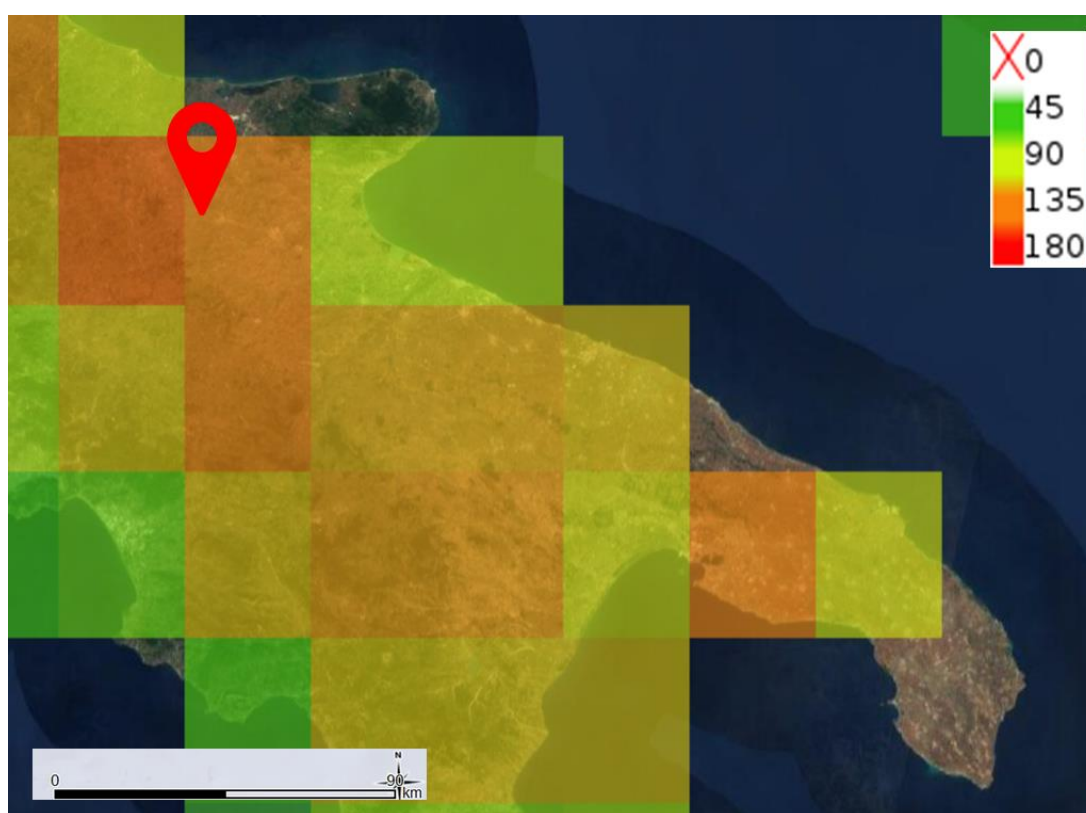


Figura 11. Previsione del rischio incendi classificato con l'indice *Canadian Fire Weather Index* (FWI).

²³ EEA Report No 1/2017 *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*